

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 43554

(43) 公開日 平成 10 年 (1998) 2 月 17 日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B01D 61/42			B01D 61/42	
61/48			61/48	
C02F 1/469			C02F 1/46	103

審査請求 未請求 請求項の数 10 FD (全 10 頁)

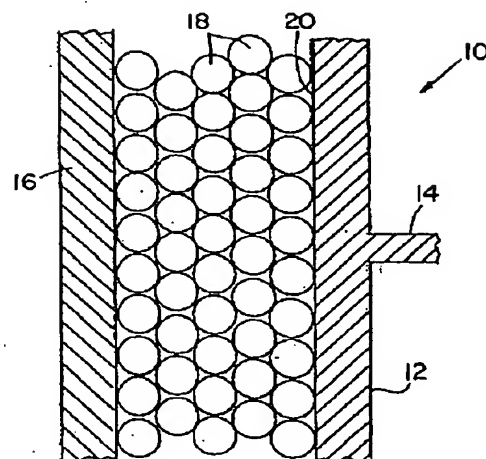
(21) 出願番号	特願平 9 - 120082	(71) 出願人	390019585 ミリポア・コーポレーション MILLIPORE CORPORATION アメリカ合衆国 01730 マサチューセツ ツ州ベドフォード、アシュビー・ロード 8 0
(22) 出願日	平成 9 年 (1997) 4 月 24 日	(72) 発明者	ジェフリー・ビー・デノンコート アメリカ合衆国 マサチューセツ州 ウィン チェスター、ワシントン・ストリート 34 3
(31) 優先権主張番号	638040	(72) 発明者	ジャック・ムーラン フランス国 プレズイール、リュ・マネ 12
(32) 優先日	1996 年 4 月 26 日	(74) 代理人	弁理士 倉内 基弘 (外 1 名)
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 液体を精製するための電気脱イオン方法

(57) 【要約】

【課題】 複雑な配管、弁、ポンプ系統、及び制御システムを必要としない、スケール形成を防止する電気脱イオン方法の提供。

【解決手段】 不純な水性液体を陰イオン及び陽イオン透過膜により仕切られそしてイオン交換樹脂ビードを収納するイオン放出区画室を通して流しそしてイオン種を受け取る水を陰イオン及び陽イオン透過膜により仕切られるイオン濃縮区画室を通して流し、同時に両側のカソード区画室とアノード区画室との間に電圧を適用する電気脱イオン装置内でイオン種を除去する液体精製方法において、カソード区画室に電子伝導粒子（炭素、金属粒子）を含めたことを特徴とする。カソード区画室 10 は、カソードプレート部材 12、電源接続部 14、イオン透過膜 16 及び電導性物質 18 を含む。電導性物質は、増大した有効カソード表面積を提供し、カソード表面における局所的な水酸化物濃度を減少せしめる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 不純な水性液体を陰イオン透過膜と陽イオン透過膜により仕切られそしてイオン交換樹脂ビードを収納する少なくとも一つのイオン放出区画室を通して流しそしてイオン種を受け取るための水を陰イオン透過膜と陽イオン透過膜により仕切られる少なくとも一つのイオン濃縮区画室を通して流し、同時にカソード区画室とアノード区画室との間に電気ポテンシャルを確立しそして少なくとも一つのイオン放出区画の各々を通してそして少なくとも一つのイオン濃縮区画室の各々を通して電流を流すことにより電気脱イオン装置内でイオン種を除去するべく不純な液体を精製するための方法において、前記カソード区画室に電子を伝導することのできる粒子を含めたことを特徴とする精製方法。

【請求項 2】 電子を伝導することのできる粒子が金属粒子を含む請求項 1 の方法。

【請求項 3】 電子を伝導することのできる粒子が炭素粒子を含む請求項 1 の方法。

【請求項 4】 電子を伝導することのできる粒子が炭素粒子と金属粒子の混合物を含む請求項 1 の方法。

【請求項 5】 電気脱イオン装置が複数のイオン放出区画室と複数のイオン濃縮区画室を含む請求項 1 ～ 4 項のいずれかの方法。

【請求項 6】 不純な水性液体を陰イオン透過膜と陽イオン透過膜により仕切られそしてイオン交換樹脂ビードを収納する単一のイオン放出区画室を通して流しそしてイオン種を受け取るための水を陰イオン透過膜を含むアノード区画室と陽イオン透過膜を含むカソード区画室を通して流し、同時にカソード区画室とアノード区画室との間に電気ポテンシャルを確立しそしてイオン放出区画室を通して電流を流すことにより電気脱イオン装置内でイオン種を除去するべく不純な液体を精製するための方法において、前記カソード区画室に電子を伝導することのできる粒子を含めたことを特徴とする精製方法。

【請求項 7】 電子を伝導することのできる粒子が金属粒子を含む請求項 6 の方法。

【請求項 8】 電子を伝導することのできる粒子が炭素粒子を含む請求項 6 の方法。

【請求項 9】 電子を伝導することのできる粒子が炭素粒子と金属粒子の混合物を含む請求項 6 の方法。

【請求項 10】 電気脱イオン装置が複数のイオン放出区画室と複数のイオン濃縮区画室を含む請求項 6 ～ 9 項のいずれかの方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は、極性電界の作用の下で液体中のイオンを移行するのに適した新規な電気脱イオン方法 (electrodeionization process) に関するものである。特に、本発明は、高純度の水の製造をもたらすべく水性液体を精製し、その場合スケールの形成

を最小限とするのに適応する電気脱イオン方法に関する。

【 0 0 0 2 】

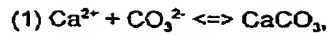
【従来の技術】 液体中のイオン或いは分子の濃度を減ずることによる液体の精製 (高純度化) は、これまで、重要な技術的関心分野となっていた。液体を精製しそして分離するため、或いは液体混合物から特定のイオン乃至分子の濃縮されたブールを得るために多くの技術が使用されてきた。最もよく知られる方法としては、蒸留、電気透析、逆浸透、液体クロマトグラフィー、膜濾過及びイオン交換を挙げることができる。知名度は少ないが、「電気脱イオン」という方法もある (これは、時として、充填セル電気透析 (filled cell electrodialysis) として誤って呼ばれている)。

【 0 0 0 3 】 電気脱イオンにより液体を処理するための最初の装置及び方法は、米国特許第 2, 6 8 9, 8 2 6 及び 2, 8 1 5, 3 2 0 号に記載されている。これら特許の最初のものは、予備選択されたイオンを所定の方向へ移動せしめる電気ポテンシャルの影響の下で、放出室内の液体混合物中のイオンの、一連の陰イオン及び陽イオン膜を通しての、濃縮室内の液体中への除去のための装置及び方法を記載している。処理されている液体はイオンを欠乏していき、同時に第 2 の液体は移行イオンで富化されるようになりそしてそれらを濃縮された形で保持する。第 2 の特許は、陰イオン膜或いは陽イオン膜の間に位置付けられる充填材料として、イオン交換樹脂から形成されるマクロな孔を有する多孔質のビードの使用を記載する。このイオン交換樹脂は、イオン移行のための通路として作用しそしてまたイオンの移動のための膜間の増大せる伝導度の橋として機能する。

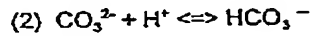
【 0 0 0 4 】 用語「電気脱イオン」とは、イオン交換物質が陰イオン膜と陽イオン膜との間に位置付けられるプロセスを言及する。用語「電気透析」とは陰イオン膜と陽イオン膜との間にイオン交換樹脂を使用しないようなプロセスを言及する。半塩水からの塩分を含んだ水を精製するための電気透析とイオン交換物質乃至樹脂との組合せを使用する、従来からの試みの例としては、米国特許第 2, 7 9 4, 7 7 0 号、第 2, 7 9 6, 3 9 5 号、第 2, 9 4 7, 6 8 8 号、第 3, 3 8 4, 5 6 8 号、第 2, 9 2 3, 6 7 4 号、第 3, 0 1 4, 8 5 5 号及び第 4, 1 6 5, 2 7 3 号がある。電気脱イオン装置の改善の試みとしては、米国特許第 3, 1 4 9, 0 6 1 号、第 3, 2 9 1, 7 1 3 号、第 3, 5 1 5, 6 6 4 号、第 3, 5 6 2, 1 3 9 号、第 3, 9 9 3, 5 1 7 号及び第 4, 2 8 4, 4 9 2 号を挙げることができる。

【 0 0 0 5 】 イオンを濃化する或る膜分離プロセスにおいて、溶解度限を超えそしてスケールを形成するポテンシャルが存在する。特に、水中の Ca^{++} 及び CO_3^{--} の水準が溶解度限に達するとき、炭酸カルシウムスケール (CaCO_3) が形成される。

【 0 0 0 6 】



【 0 0 0 7 】 更に、水中の CO_3^{2-} の水準は、水の pH と重炭酸塩 (HCO_3^-) との平衡の関数である。



【 0 0 0 9 】 上記式を組合せることにより、カルシウム及び重炭酸塩濃度並びに水の pH に対するスケールポテンシャルが定義される。

【 0 0 1 0 】

【 数 3 】

$$(3) \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}^+]} = K_{\text{sp}} \cdot K_1$$

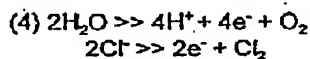
【 0 0 1 1 】 スケール形成のためのポテンシャルは、カルシウムイオン濃度における増加、重炭酸塩イオン濃度における増加もしくは pH における減少とともに増加する。加えて、電気脱イオンモジュールが導入水の増大せる割合を精製水として回収するよう操作される時、イオン濃度は増大する。

【 0 0 1 2 】 電気脱イオンプロセスにおける電気脱イオン電極における反応及び水分解反応は廃水流れの pH における著しいシフトを生み出しうる。電極において起こる反応は以下に示される。カソード側での OH^- の発生は高スケールポテンシャルの帯域を創出する。

【 0 0 1 3 】

【 数 4 】

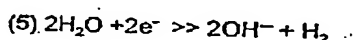
アノード反応



【 0 0 1 4 】

【 数 5 】

カソード反応



【 0 0 1 5 】 稀釈区画室内での水の分解は、電気脱イオンモジュール内での追加 OH^- 源である。 OH^- が陰イオン膜を通してそして特に陰イオン膜の表面に沿って侵入している濃縮区画室においては、pH は高くなり、スケール形成の高い危険性を持つ帯域をもたらす恐れがある。pH は $-\log [\text{H}^+ \text{濃度}]$ であるから、pH においては小さな変化と思われるものが、スケールポテンシ

【 数 1 】

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = K_{\text{sp}}$$

【 0 0 0 8 】

【 数 2 】

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]} = K_1$$

ヤルに著しく大きな影響を持つこととなる。例えば、1 pH 単位の増加がスケールポテンシャルを 1 0 倍増加する。

【 0 0 1 6 】 電気脱イオンモジュール内でのスケールの形成は、非常に高い電気抵抗と閉塞された流れチャネルをもたらし、生成される水品質における急速な劣化をもたらす。電気脱イオンモジュールにおけるスケール発生の危険を低減するのに、幾つかの方法もしくは方法の組合せが使用されている。第 1 の方法において、水は電気脱イオンモジュールに流入する前に Ca^{2+} 及び/又は HCO_3^- の水準を減じるよう或いは pH を減じるよう予備処理され、それによりスケール形成の危険性を減じる。例えば、適正に機能するイオン交換軟化剤は供給水中の Ca^{2+} に対して 2 Na を交換することにより Ca^{2+} 水準を減じよう。Na、 CO_3 の溶解度は非常に高く、スケール形成の危険はほとんど無い。軟化剤は樹脂を高い濃度の NaCl で処理することにより再生される。軟化は、スケールポテンシャルを減じるのの一つの非常に有効な方法であるけれども、電気脱イオン生成物とは限定された成功しか納めなかった。不適正な保守、供給水の Ca^{2+} 水準の増加及び/又は処理される水の容積の増加は、 Ca^{2+} の高い漏洩をもたらし、その結果として電気脱イオンモジュール内でのスケールの形成をもたらす。加えて、軟化剤樹脂タンク及び塩再生タンクに要する追加コストと寸法は所望されず、殊に小規模の研究室水システムに対して所望されるコンパクトで、信頼性がありそして使いやすい対処策という概念とは相容れない。

【 0 0 1 7 】 第 2 の予備処理方法において、逆浸透 (RO) が使用され、供給水中の Ca^{2+} 及び HCO_3^- の 9 0 ~ 9 5 % 以上を除去し、それによりスケール形成の危険性を著しく減じた。しかし、 Ca^{2+} 及び HCO_3^- 水準が非常に高い (RO 供給 Ca^{2+} が 1 0 0 ppm を超える) 場所においては、かなりの量の Ca^{2+} 及び HCO_3^- が RO を通り抜けるので、脱イオンモジュールはまだスケール形成の危険を受ける可能性がある。これら場所では、現在の技術では、電気脱イオンに先立って軟化剤を使用して RO を予備処理することを余儀なくさせられる。

【 0 0 1 8 】 工業的に成功を収めた電気脱イオン装置及び方法が米国特許第 4, 6 3 2, 7 4 5 号に記載されている。この装置は、イオン交換固体組成物を収納するイ

20

30

40

50

オン放出区画室とイオン交換固体組成物を含まない濃縮区画室とを使用する。この電気脱イオン装置は、アノードとカソードとをそれぞれ納める 2 つの端子電極室を含み、これらは複数のイオン放出区画室と濃縮区画室とを装備する装置本体を横断して直流を流すのに使用される。操作において、液体の溶解したイオン化塩は適当な膜を通してイオン放出区画室からイオン濃縮区画室へと移行される。イオン濃縮区画室に集められたイオンは放出口を通して除去されそして廃棄場所に差し向けられる。カソード室内で不溶性のスケールの付着がこの方法と関連する問題であった。

【 0 0 1 9 】米国特許第 3, 3 4 1, 4 4 1 号において、電気透析プロセスにおいて、電流の流れ方向を周期的に逆にして、それまでカソードとして機能していた電極をアノードとし、同時にそれまでアノードとして機能していた電極をカソードとすることが提唱された。アノード室を通して流れる溶液はアノード電解作用により酸性となり、そしてこうして形成された酸は電極がカソードであった期間中にそこで形成されたスケールの小部分を溶解する傾向がある。この方法では、電極が先にカソードであった期間中にそこで形成された析出スケールを溶解するよう、流れが減少若しくは停止され、かくしてアノード室内で発生した酸が室内で十分に高い濃度を実現することを可能ならしめられ、そして後周期間隔で直流の極性の逆転が行われる。方法の好ましい形態において、カソード室をそこで発生した塩基を迅速に除去するために十分に大量の電解液を使用して連続的に洗い流すことからなる第 3 段階もまた使用される。直流が逆転される時、イオン放出区画室はイオン濃縮区画室となりそしてイオン濃縮区画室はイオン放出区画室となる。この方法は所望されないことがある。その理由は、電流の極性の逆転にすぐ続いて大量の精製されている液体が放出されねばならずそして新たに形成されたイオン放出区画室内の電解液の濃度は所定の期間で液体生成物の純度を容認しうるものとするには高すぎるからである。

【 0 0 2 0 】スケール形成を減じるために電気脱イオンプロセスにおいて電圧極性を逆転することが米国特許第 4, 9 5 6, 0 7 1 号においてもまた提唱された。このプロセスにおいては、プロセスを通しての電圧は周期的に、代表的に 1 5 ~ 2 0 分毎に、逆転され、与えられた方向での電圧極性はプロセス操作時間の約 5 0 % である。電圧極性逆転毎に、稀釈区画室は濃縮区画室となりそして濃縮区画室は稀釈区画室となる。電圧極性逆転の結果として、流れを分配するために幾つかの弁がシステム内で必要とされる。適当な稀釈流れを最終使用点まで差し向けるのに 2 つの弁が代表的に必要とされる。加えて、これらの弁に対する制御手段が容認しうる純度が達成されるまで水をドレンに差し向けるのに必要とされる。加えて、pH シフト及びスケール防止を最適化するために電極流れへの流量を制御するのに 1 つ乃至 2 つの

追加弁が代表的に使用される。この特許は、イオン透過膜を有しそしてアノード及びカソードに隣り合って随意的に位置付けられる電極スペースにイオン交換樹脂が充填されうることを開示している。

【 0 0 2 1 】追加的な電気脱イオン装置が、米国特許第 5, 1 5 4, 8 0 9 号、第 5, 3 0 8, 4 6 6 号及び第 5, 3 1 6, 6 3 7 号により開示されている。米国特許第 5, 3 0 8, 4 6 6 号は、イオン交換樹脂を収納する濃縮区画室を利用する電気脱イオン装置を開示する。濃縮区画室内のイオン交換樹脂により提供される利益は性能の改善であり、特に高荷電種、大きな高水和種、或いは弱くイオン化された種、シリカ、スルフェート、カルシウム、重金属、並びに極性及びイオン化有機物の除去乃至分離の改善のためである。この特許は、濃縮区画室内で樹脂を利用する結果としてのスケール形成への影響を論議していない。

【 0 0 2 2 】米国特許第 4, 2 2 6, 6 8 8 号は、カソード区画室とアノード区画室とを含む電気透析装置を開示する。炭素粒子の電導性スラリーが両電極区画室間で電極単位 cm^2 当たり少なくとも 1 ml / 分の割合で連続的に移行される。カソード区画室において発生する水素は、炭素粒子により吸収されそしてアノード区画室において放出される。このプロセスにより、スケール発生及び腐蝕問題は軽減される。しかし、このプロセスは、ポンプ、導管及び制御装置を必要とする点で複雑過ぎてもはや所望されない。

【 0 0 2 3 】

【発明が解決しようとする課題】従って、スケール形成を最小限とする若しくは防止する電気脱イオン方法を提供することが所望されよう。加えて、新たに生成された稀釈流れを最終使用地点まで差し向けるためのまた電極区画室間でスケール減少用組成物を移行するための複雑な配管、弁、ポンプ系統、及び制御システムを必要としない、そうした電気脱イオン方法を提供することが所望されている。

【 0 0 2 4 】

【課題を解決するための手段】本発明は、カソード区画室内にビード、グラニュール、ファイバのような形態の電導性粒子の組込みがアノード及びカソード区画室を有する電気脱イオン装置を操作する際のスケール形成を著しく減少せしめるという知見に基づいている。カソード区画室内でのスケール発生の減少は、カソード区画室内で従来より低い局所的濃度の水酸化物イオンしか形成されないことから生じ、これはカソード区画室内でのカソードから電導性粒子の大きな表面積までの電子の移行により生じたものである。電導性粒子の大きな表面積は、水酸化物が濃縮される表面積を増加することにより形成される水酸化物の局所的濃度を減じる。これは、高い局所的な水酸化物濃度が存在しないことを保証する。スケール形成のために著しく減少したポテンシャルが、追加

的な機械的装置、制御装置或いは貯蔵装置の必要なく達成される。

【 0 0 2 5 】かくして、本発明は、不純な水性液体を陰イオン透過膜と陽イオン透過膜により仕切られそしてイオン交換樹脂ビードを収納する少なくとも一つのイオン放出区画室を通して流しそしてイオン種を受け取るための水を陰イオン透過膜と陽イオン透過膜により仕切られる少なくとも一つのイオン濃縮区画室を通して流し、同時にカソード区画室とアノード区画室との間に電気ポテンシャルを確立しそして少なくとも一つのイオン放出区画の各々を通してそして少なくとも一つのイオン濃縮区画室の各々を通して電流を流すことにより電気脱イオン装置内でイオン種を除去するべく不純な液体を精製するための方法において、前記カソード区画室に電子を伝導することのできる粒子を含めたことを特徴とする精製方法を提供するものである。電子を伝導することのできる粒子は好ましくは、炭素粒子、金属粒子もしくはそれらの混合物である。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】本発明に従えば、炭素及び／又は金属ビード、グラニュール、ファイバ等のような電子を伝導する高い表面積粒子で充填されたカソード区画室を利用する電気脱イオン方法が提供される。電気脱イオン装置は単数乃至複数のステージから構成される。各ステージは、放出及び濃縮区画室の列の充填カソード区画室が位置付けられた端とは反対側の端においてアノード区画室を備えている。アノード及びカソードは、電解液の通過のための電極スペーサとイオン透過膜とを含んでいる。カソード区画室のスペーサのみが電導性粒子で充填される必要がある。しかし、所望なら、アノード区画室もまた電導性粒子で充填されうる。各ステージの残りの部分は、一連の交互する放出及び濃縮区画室を構成する。放出区画室はイオン交換樹脂を収納する。イオンを取り除かれるべき液体は、各ステージにおいて各放出区画室を通して直列に、並列にもしくは直列と並列の組合せで通過せしめることができ、他方第 2 の電解液は各ステージにおいて各濃縮区画室を通して、放出区画室内の第 1 液体から濃縮区画室内の第 2 電解液へのイオンの移行をもたらす。濃縮区画室もまたイオン交換樹脂を含みうる。複数のステージが使用される場合、或る上流ステージにおける放出区画室から取り出された液体は、次に隣り合う下流ステージにおける放出区画室内に直列に差し向けられうる。同様に、或る上流ステージにおける濃縮区画室から取り出された液体は、次に隣り合う下流ステージにおける濃縮区画室内に直列に差し向けられうる。これら個々の流れはまた、並列流れ形態で多数の区画室に送られるよう多数の流れに分割されうる。電解液は、供給物の生成物流れ、中立流れもしくは濃縮流れから或いは独立した源から得ることができそして電気脱イオン装置内の各電極に隣り合うスペーサを通して流され

そして電気脱イオン装置から取り出される。中立帯域はイオンの濃縮若しくはイオンの放出がほとんど乃至全然起こらない帯域である。随意的に、電極に隣り合うスペーサからの電解液は、廃棄所に差し向けられるに先立って一つ以上の中立帯域を通すこともできるし或いは濃縮流れに通すこともできる。

【 0 0 2 7 】本発明に従えば、カソード内のスケール累積は、電子を伝導する物質をそこに含めることにより防止される。電子を伝導する物質は、イオン交換樹脂のようなイオン種を伝導する粒子と比較してカソードにおけるスケールの改善された抑制乃至防止を提供する。しかし、電子を伝導するのに使用される物質はまた、電子伝導粒子の有効性を減じることなく、少量の、すなわち合計粒子重量に基づいて約 1 0 重量 % 未満のイオン種伝導粒子を含むことができる。電導性粒子はカソードの有効表面積を著しく増大する。その結果、電極反応、従って生成する水酸化物イオンは著しく広い面積にわたって分布せしめられ、その結果、局所的な水酸化物イオン濃度、従って局所的な pH がスケール形成が最小限とされる若しくは防止される水準まで顕著に減少する。

【 0 0 2 8 】炭素及び／又は金属粒子を含む電子伝導粒子は、広い表面積の粒子を提供する任意の都合の良い形態で形成されうる。従って、粒子は、ビード、グラニュール、ファイバ等でありうる。加えて、粒子は、非支持状態となしうるし或いはカソード区画室内の液体中に配置されるポリマ繊維のような繊維繊維乃至不繊維のようなマトリックスに担持することもできる。

【 0 0 2 9 】図 1 を参照すると、他の点では従来型式の電気脱イオン装置とともに使用される本発明のカソード区画室 1 0 が示されている。カソード区画室 1 0 は、カソードプレート部材 1 2、DC 電圧源に接続される接続部 1 4、イオン透過膜 1 6 及び電導性物質 1 8 を含んでいる。電導性物質 1 8 は、カソードプレート 1 2 の表面 2 0 の面積に比較して相当に増大した有効カソード表面積を提供する。表面積増大の結果として、カソード表面における局所的な水酸化物濃度は実質上減少せしめられる。

【 0 0 3 0 】図 2 ～ 6 は、極端なプロセス条件を最小限としそしてスケール形成の危険を制限するための、バランスした pH、イオン濃度及び液体流れのための代表的な流れ配列を提供する。

【 0 0 3 1 】図 2 を参照すると、濃縮された電解液 2 4 がイオン濃縮区画室 2 2 を直列に通して流され、同時に精製されるべき液体 2 6 がイオン放出区画室 2 8 を直列に通して流される液体回路パターンが示されている。イオン放出区画室 2 8 は、陰イオン及び陽イオン交換樹脂ビードの混合物を収蔵している。イオン濃縮区画室 2 2 もまた陰イオン及び陽イオン交換樹脂の混合物を収蔵することができる。イオン濃縮区画室 2 2 及びイオン放出区画室 2 8 は、陰イオン透過膜 A 及び陽イオン透過膜 C

により仕切られている。第 3 の電解液流れ 30 がアノード区画室 32 及び電導性物質を収納するカソード区画室 34 を直列に通して流される。精製された生成物 23 が回収され、同時に濃縮液 25 及び電極液 27 が廃棄所に送られるかもしくはそれぞれの入口にリサイクルされる。

【0032】図 3 を参照すると、濃縮された電解液 40 がアノード区画室 32 及びイオン濃縮区画室 22 を直列に通して流され、同時に精製されるべき液体 26 がイオン放出区画室 28 を直列に通して流される液体流路パターンが示されている。イオン放出区画室 28 は、陰イオン及び陽イオン交換樹脂ビードの混合物を収蔵している。イオン濃縮区画室 22 もまた陰イオン及び陽イオン交換樹脂の混合物を収蔵することができる。イオン濃縮区画室 22 及びイオン放出区画室 28 は、陰イオン透過膜 A 及び陽イオン透過膜 C により仕切られている。第 3 の電解液流れ 42 が電導性物質を収納するカソード区画室 34 を通して流される。精製された生成物 23 が回収され、同時に濃縮液 25 及び電極液 27 が廃棄所に送られるかしくはそれぞれの入口にリサイクルされる。

【0033】図 4 を参照すると、濃縮された電解液 44 がアノード区画室 32 及びイオン濃縮区画室 22 及び電導性物質を収納するカソード区画室 34 を直列に通して流され、同時に精製されるべき液体 26 がイオン放出区画室 28 を直列に通して流される液体流路パターンが示されている。イオン放出区画室 28 は、陰イオン及び陽イオン交換樹脂ビードの混合物を収蔵している。イオン濃縮区画室 22 もまた陰イオン及び陽イオン交換樹脂の混合物を収蔵することができる。イオン濃縮区画室 22 及びイオン放出区画室 28 は、陰イオン透過膜 A 及び陽イオン透過膜 C により仕切られている。精製された生成物 23 が回収され、同時に濃縮液（電極液）43 が廃棄所に送られるかしくはその入口にリサイクルされる。

【0034】図 5 を参照すると、濃縮された電解液 24 がイオン濃縮区画室 22 及び中立帯域 33 を直列に通して流され、同時に精製されるべき液体 46 がイオン放出区画室 28 を直列に通して流される液体流路パターンが示されている。イオン放出区画室 28 は、陰イオン及び陽イオン交換樹脂ビードの混合物を収蔵している。イオン濃縮区画室 22 もまた、陰イオン及び陽イオン交換樹脂の混合物を収蔵することができる。イオン濃縮区画室 22 及びイオン放出区画室 28 は、陰イオン透過膜 A 及び陽イオン透過膜 C により仕切られている。第 3 の電解液流れ 30 がアノード区画室 32 及び電導性物質を収納するカソード区画室 34 を通して流される。精製された生成物 23 が回収され、同時に濃縮液 29 及び電極液 27 が廃棄所に送られるかしくはそれぞれの入口にリサイクルされる。

【0035】図 6 を参照すると、濃縮電解液 48 がイオン濃縮区画室 22 を直列に通して流され、同時に精製さ

れるべき液体 46 がイオン放出区画室 28 を直列に通して流される液体流路パターンが示されている。イオン放出区画室 28 は陰イオン及び陽イオン交換樹脂ビードの混合物を収蔵している。イオン濃縮区画室 22 もまた陰イオン及び陽イオン交換樹脂の混合物を収蔵することができる。イオン濃縮区画室 22 及びイオン放出区画室 28 は、陰イオン透過膜 A 及び陽イオン透過膜 C により仕切られている。第 3 の電解液流れ 30 がアノード区画室 32 及び電導性物質を収納するカソード区画室 34 を通して流される。精製された生成物 23 が回収され、同時に濃縮液 25 及び電極液 27 が廃棄所に送られるかしくはそれぞれの入口にリサイクルされる。濃縮電解液 48 と精製されるべき液体 46 とは並行しながら直列に流れる。

【0036】図 7 を参照すると、本発明のカソードにおける pH への影響が概略的に例示される。簡略化目的のために、図 7 においては、カソード区画室内に存在する電導性物質は示していない。実際には、カソード区画室 50 はカソードプレート 52 と接触状態にある電導性物質を収蔵している。イオン放出区画室 54 は、イオン交換樹脂ビード 56 を収納しそして陰イオン透過膜 A 及び陽イオン透過膜 C により仕切られている。ヒドロニウムイオンは膜 C を通り抜けてカソード区画室 50 における膜表面 58 での pH を減じる。精製プロセス中、水酸化物イオンがカソード表面 58 において生成される。電導性物質が存在しないとき、水酸化物イオンのすべては、カソード表面 58 において生成され、実線 60 により例示される高い局所的 pH をもたらす。電導性物質（図示なし）を存在させることにより、カソード区画室 50 内で、水酸化物イオンは、電導性物質の広い表面全体にわたって生成し、カソード表面 58 において点線 62 により例示されるもっと低い局所的 pH をもたらす。カソード区画室 50 内で、図示していない電導性物質の電導性を下げるにより、実線 60 により例示される値から点線 62 により例示される値まで局所的表面 pH を変更することができる。

【0037】図 8 を参照すると、カソード区画室 64 とアノード区画室 66 は、イオン濃縮室として機能している。精製されるべき水性液体 68 は、陰イオン透過膜 A 及び陽イオン透過膜 C を含みそしてイオン交換樹脂ビード 72 を収納するイオン放出区画室 70 を通される。イオン種、例えば Cl^- 及び Na^+ を受け取るための水性液体 74 は、アノード区画室 66 及び電子伝導粒子を収納するカソード区画室 64 を通して直列に流されそして流れ 76 として廃棄される。精製された水性液体 78 は生成物として回収される。

【0038】

【発明の効果】本発明に従えば、炭素及び／又は金属ビード、グラニュール、ファイバ等のような電子を伝導する高い表面積粒子で充填されたカソード区画室を利用す

10

20

30

40

50

11

る電気脱イオン方法が提供される。電導性粒子はカソードの有効表面積を著しく増大する。その結果、電極反応、従って生成する水酸化物イオンは著しく広い面積にわたって分布せしめられ、その結果、局所的な水酸化物イオン濃度、従って局所的な pH がスケール形成が最小限とされる若しくは防止される水準まで顕著に減少する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の充填カソード区画室の部分断面図である。

【図 2】本発明の装置を使用する電気脱イオンプロセスの概略図である。

【図 3】本発明の装置を使用する別の電気脱イオンプロセスの概略図である。

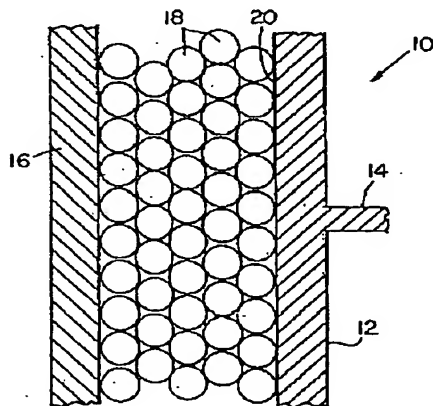
【図 4】本発明の装置を使用するまた別の電気脱イオンプロセスの概略図である。

【図 5】本発明の装置を使用する別の電気脱イオンプロセスの概略図である。

【図 6】本発明の装置を使用するまた別の電気脱イオンプロセスの概略図である。

【図 7】本発明の結果としてカソード区画室における pH への影響を例示する。

【図 1】



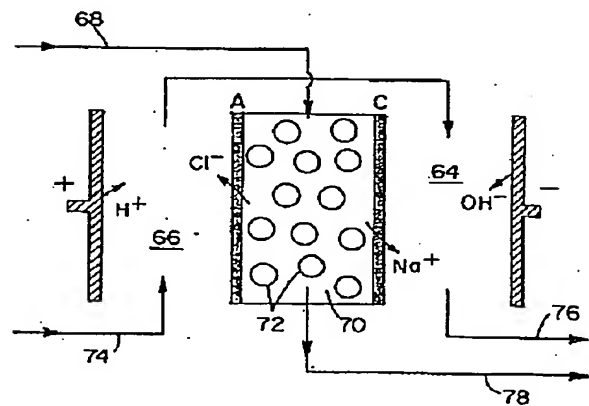
12

【図 8】濃縮区画室がアノード区画室とカソード区画室のみであるような本発明の概略図である。

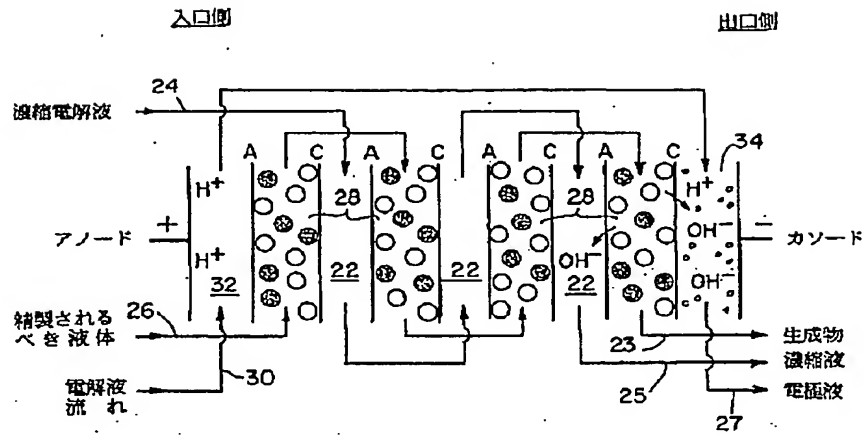
【符号の説明】

- 1 0 カソード区画室
- 1 2 カソードプレート部材
- 1 4 接続部
- 1 6 イオン透過膜
- 1 8 電導性物質
- 2 0 カソードプレート表面
- 2 2 イオン濃縮区画室
- 2 4 濃縮された電解液
- 2 6 精製されるべき液体
- 2 8 イオン放出区画室
- 2 3 精製された生成物
- 2 5 濃縮液
- 2 7 電極液
- 3 0 電解液流れ
- 3 2 アノード区画室
- 3 4 カソード区画室
- 2 0 A 陰イオン透過膜
- C 陽イオン透過膜

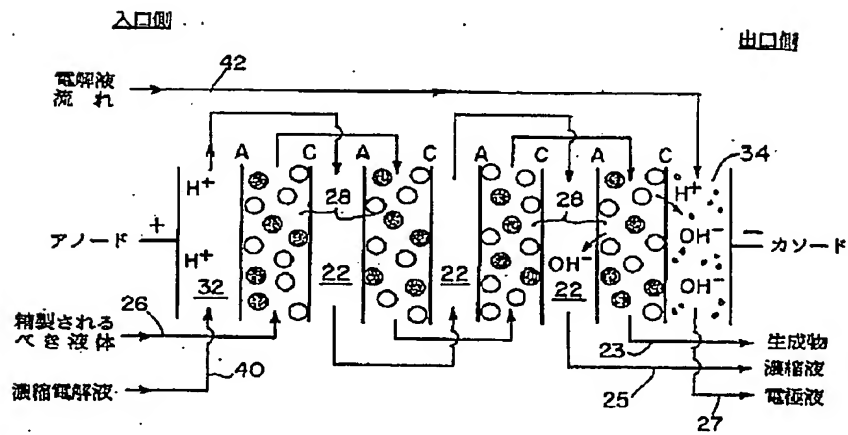
【図 8】



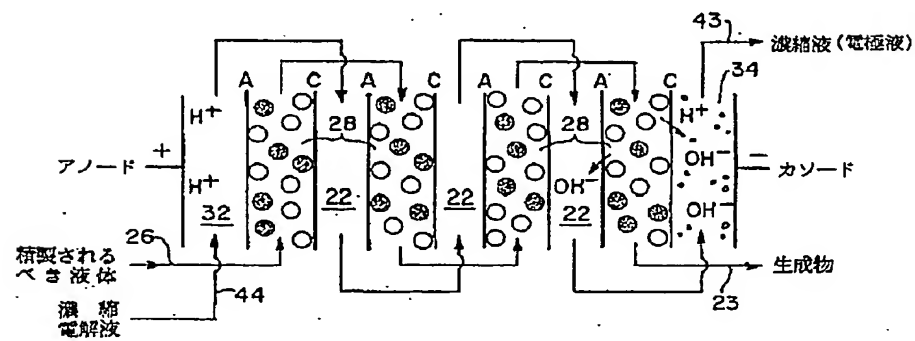
【 図 2 】



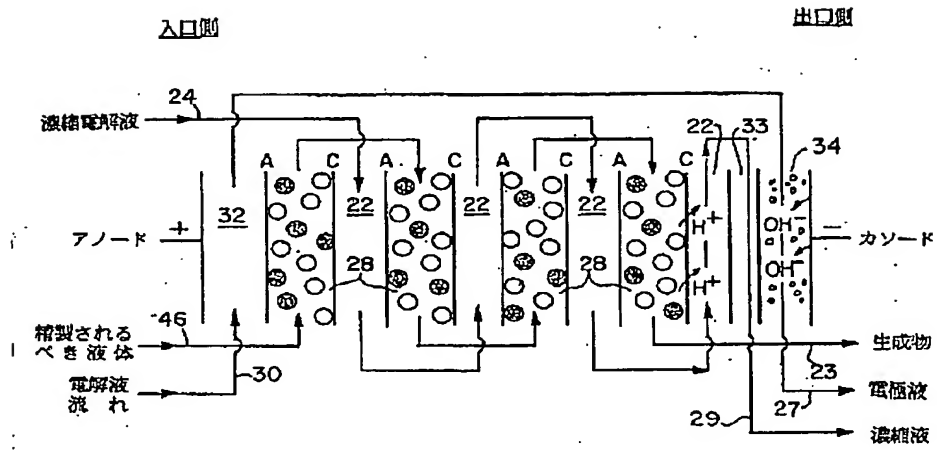
【 図 3 】



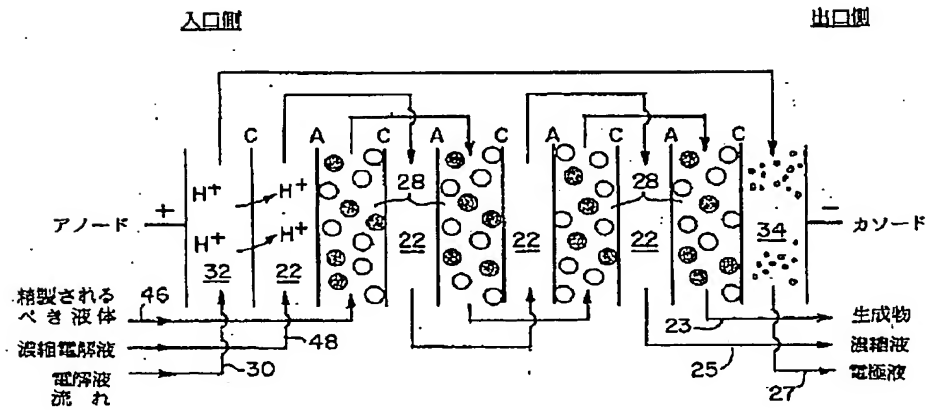
【 図 4 】



【図 5】



【図 6】



【图 7】

